

Calidad, durante el almacenamiento, de huevos de gallina (*Gallus gallus domesticus*) recubiertos con aceite

Henry Castro-Alvarado¹ , Gabriela Davidovich-Young²  & Eric Wong-González² 

1. Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología de Alimentos, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica; henry.castro.alvarado@gmail.com
2. Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología de Alimentos, Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica; gabriela.davidovich@ucr.ac.cr; eric.wong@ucr.ac.cr

Recibido 16-III-2023 ■ Corregido 09-VI-2023 ■ Aceptado 15-XII-2022

DOI: <https://doi.org/10.22458/urj.v15i2.4685>

ABSTRACT. "Quality, during storage, of chicken eggs (*Gallus gallus domesticus*) coated with oil". **Introduction:** Eggs are one of the main foods providing nutrients to the world population, however, they rapidly lose quality. For the egg industry it would be beneficial to have technological alternatives to increase the shelf life, such as coatings that are applied to prevent quality loss. **Objective:** To evaluate the effect of the application of oil coatings on the physicochemical, microbiological, and sensory quality of hen eggs during storage. **Methods:** We applied, by immersion, coatings of deodorized medicinal grade mineral oil or palm and soybean olein with TBHQ 0,02% to category A Isa Brown hen eggs from a local producer, without prior cleaning, washing or disinfection. After a 6-hour drainage, we stored eggs at 21°C and 43% RH. We measured selected quality parameter every 7 days for a total of 42 days and statically compared trends over time for coated and uncoated eggs. Sensory analysis was also carried out using paired comparisons tests for fresh and coated eggs stored for a certain time. We used a hedonic scale for general acceptance of coated and uncoated eggs after 35 days of storage. **Results:** The evaluated coatings did not affect the normal behavior of the color and pH of the yolk, the Haugh units, the resistance to rupture and the total aerobic and yeast and mold counts during storage, while retarding the deterioration related to the yolk index, pH of the white and overall mass loss. In addition, the application of the coatings helped keep flavor perception of stored eggs when compared with fresh eggs; resulted in eggs with the same smell and adhesiveness as the uncoated egg; gave shine, and did not negatively influence external sensory acceptance. **Conclusion:** The shelf life of eggs during storage can be extended with the application of mineral or palm oil coatings.

Key words: Shelf life, palm, mineral, cover, room temperature.

RESUMEN. Introducción: El huevo, uno de los principales alimentos que aporta nutrientes a la población mundial, pierde su calidad de forma acelerada en estado fresco. Para la industria del huevo sería beneficioso contar con alternativas tecnológicas que permitan aumentar su vida útil, como la utilización de recubrimientos para prevenir su deterioro. **Objetivo:** Evaluar el efecto de la aplicación de recubrimientos de aceite sobre la calidad fisicoquímica, microbiológica y sensorial de huevos de gallina en almacenamiento. **Métodos:** Por inmersión, aplicamos recubrimientos de aceite mineral grado medicinal desodorizado o de oleína de palma y soja con TBHQ 0,02% a huevos de gallina Isa Brown categoría A de un productor local, sin previa limpieza, lavado o desinfección. Luego de dejar escurrir por 6 horas los almacenamos en una cámara a 21°C y 43% HR. Medimos los parámetros de calidad seleccionados cada 7 días por un total de 42 días y comparamos estadísticamente las tendencias en el tiempo para los huevos recubiertos y sin recubrimiento. También realizamos un análisis sensorial mediante comparaciones pareadas para huevo fresco y huevo recubierto almacenado por determinado tiempo y una medición de aceptación general por medio de una escala hedónica a los 35 días de almacenamiento. **Resultados:** Los recubrimientos evaluados no afectaron el comportamiento normal del color y pH de la yema, las unidades Haugh, la resistencia a la ruptura y los recuentos total aerobio y de mohos y levaduras durante el almacenamiento, al tiempo que retardaron el deterioro relacionado con el índice de yema, el pH de la clara y la pérdida de masa. Además, la aplicación de dichos recubrimientos permite mantener la percepción del sabor del huevo almacenado al compararlo con huevo fresco; provee huevos con el mismo olor y adhesividad que el huevo sin recubrimiento; otorga brillo y no influyen negativamente en su aceptación sensorial externa. **Conclusión:** La vida útil del huevo durante su almacenamiento puede alargarse con la aplicación de recubrimientos de aceite mineral o de palma.

Palabras clave: tiempo de anaquel, palma, mineral, cobertura, temperatura ambiente.

El huevo de gallina aporta nutrientes a la población mundial, al proveer proteínas de alta calidad, vitaminas, minerales y ácidos grasos insaturados (Réhault-Godbert et al., 2019). Es consumido por diversos grupos de personas y el impacto ambiental de su producción es bajo (Clark et al., 2019). Además, su accesibilidad en términos de costo ha permitido que los huevos sean parte fundamental de la cadena alimentaria a nivel global (Bradley, 2004).

El consumo de huevo aumenta constantemente al crecer la población. En 2018 se registró un consumo de huevo mundial de 70,8 toneladas mientras que para el 2019 este consumo aumentó en 3,3% (Gautron et al., 2022). En Costa Rica, también se ha observado un incremento de su demanda en años recientes. Del 2019 al 2020, aumentó en 3,16% la cantidad de gallinas ponedoras y el consumo de huevo en el país fue superior al promedio del resto de Latinoamérica (Ruiz, 2020). Datos de la Cámara de Avicultores indican que los costarricenses consumen en promedio 15 kilos de huevos al año, para una media de 240 unidades (Alvarado, 2023).

Los huevos frescos sin procesar pierden su calidad de forma acelerada al almacenarse a temperatura ambiente y sin condiciones de humedad controlada (Pires et al., 2019). En el Reglamento Técnico Costarricense para huevos frescos o refrigerados de gallina para consumo humano RTCR 397:2006, se establece 21 días desde la puesta como la vida útil máxima recomendada (Decreto Ejecutivo N°33115-MEIC-MAG-S, 2006). Este lineamiento puede ocasionar pérdidas económicas al productor, dificultar la distribución del producto y provocar problemas en su comercialización (Sert et al., 2011). Por tanto, resulta conveniente contar con alternativas tecnológicas que permitan aumentar su vida útil, como la utilización de recubrimientos que permitan prevenir su deterioro (Pires et al., 2019).

El uso de recubrimientos sobre la cáscara del huevo como barrera para controlar la penetración bacteriana y el intercambio de humedad o gases a través de las membranas que protegen el interior ha sido estudiado desde el año 2003 (Bhale et al., 2003; da Silva Pires, 2021; Park et al., 2003; Pires et al., 2019). Recubrimientos aplicados como ceras, quitosano, aislados de proteína, aceites y celulosa han logrado conservar por tiempos prolongados las características de calidad del huevo. En particular los aceites, al ser grado alimentario, de bajo costo y de fácil aplicación sobre la superficie del huevo, representan una buena alternativa como recubrimiento, al sellar los poros de la cáscara, prevenir la infiltración de microorganismos y retardar el intercambio gaseoso (Bhale et al., 2003; da Silva Pires, 2021; Park et al., 2003; Pires et al., 2019). En Costa Rica, esta aplicación está permitida en huevos por reglamentación, sin embargo, no es frecuente a nivel comercial (Decreto Ejecutivo N°33115-MEIC-MAG-S, 2006).

Existen diversos parámetros que se utilizan para determinar la calidad del huevo y clasificarlo en cuanto a aptitud para su comercialización. Entre los más afectados por las condiciones de temperatura, humedad y tiempo de almacenamiento destacan el pH de la clara y la yema, altura de la cámara de aire, unidades Haugh, gravedad específica, índice de yema y pérdida de peso (da Silva Pires, 2021; Samli et al., 2005). Además, parámetros como recuento total aerobio mesófilo, recuento de mohos y levaduras, unidades Haugh, altura de la cámara de aire y presencia de sustancias u olores extraños son mencionados en regulaciones nacionales e internacionales como importantes en cuanto a la calidad de huevos para consumo humano (Decreto Ejecutivo N°33115-MEIC-MAG-S, 2006; Comisión de las Comunidades Europeas, 2008). Es importante mencionar que el uso de recubrimientos puede influir en la textura, brillo, olor y aceptabilidad del huevo por parte del consumidor (Bhale et al., 2003).

El objetivo de esta investigación consistió en evaluar el efecto de la aplicación de recubrimientos de aceite sobre la calidad fisicoquímica, microbiológica y sensorial de huevos de gallina en almacenamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Realizamos el estudio en el Laboratorio de Microbiología del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Laboratorios de Química y Análisis Sensorial de la Escuela de Tecnología de Alimentos. Todos localizados en la Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Universidad de Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica, en el año 2016 y tuvo una duración de 6 meses.

Huevos utilizados: Utilizamos huevos de gallina Isa Brown (edades entre 49 y 61 semanas) de categoría A suministrados por una empresa productora y distribuidora del país, entregados el mismo día de su puesta y utilizados de forma inmediata sin limpieza, lavado o desinfección. Para los análisis microbiológicos la unidad experimental estuvo compuesta por tres huevos, mientras que, para los análisis fisicoquímicos, esta fue de un huevo. Para el análisis sensorial, se utilizaron 14 huevos de cada tipo para preparar la muestra a degustar.

Aplicación de recubrimientos y almacenamiento: Seguimos la metodología descrita por Caner & Yüceer (2015) utilizando aceite mineral grado medicinal desodorizado o aceite de oleína de palma y soja con TBHQ 0,02% (en adelante denominado aceite de palma) comercializados y distribuidos en el país. Utilizando guantes, los huevos fueron sumergidos en el aceite, a temperatura ambiente, hasta cubrir toda su superficie. Luego, se dejaron escurrir y secar a temperatura ambiente sobre rejillas durante 6 horas y posteriormente fueron colocados en hueveras plásticas para su almacenamiento en una cámara a 21°C y $43 \pm 2\%$ humedad relativa.

Diseño experimental y análisis de datos para el estudio de almacenamiento: Utilizamos un diseño de bloques al azar con arreglo factorial 3×7 , con el factor recubrimiento en tres niveles: sin recubrimiento (control), recubrimiento de aceite mineral y recubrimiento de aceite de palma y el factor tiempo de almacenamiento en 7 niveles (0, 7, 14, 21, 28, 35 y 42 días). El factor recubrimiento se analizó como variable nominal y el factor tiempo como variable continua. Realizamos tres repeticiones independientes del experimento, cada una con un lote distinto de huevos que corresponde a cada bloque en el diseño. Los huevos fueron asignados al azar a cada tratamiento en cada repetición. Las variables respuesta y su respectivo método de medición se detallan a continuación:

- Recuento total aerobio: Metodología descrita por el *Bacteriological Analytical Manual* (Food and Drug Administration [FDA], 2022), utilizando la técnica de vaciado en agar estándar e incubando a 35°C .
- Recuento de mohos y levaduras: Metodología descrita por el *Bacteriological Analytical Manual* (FDA, 2022), utilizando la técnica por esparcimiento en agar papa dextrosa acidificado e incubando a 25°C .
- pH: Metodología descrita en el método AOAC 981.12 (Association of Official Agricultural Chemists [AOAC], 2005) tanto para la clara, como para la yema, utilizando un pHímetro de electrodo calibrado.
- Pérdida de masa: Registramos la masa de un huevo en cada tiempo de almacenamiento del diseño utilizando una balanza granataria. El cálculo de la pérdida de masa consistió en deducir de la masa inicial al inicio del almacenamiento, la masa obtenida en cada tiempo y la división de este resultado entre la masa al inicio del almacenamiento y posteriormente el resultado multiplicado por 100 para expresarlo como un porcentaje (Suppakul et al., 2010).

- Unidades Haugh: Calculamos las unidades Haugh de acuerdo con Eisen et al. (1962) midiendo con un vernier la altura de la clara en tres puntos equidistantes entre sí alrededor de la yema sobre una superficie lisa.
- Color de la yema: Según lo descrito por Muñoz & Vellojín (2002) registramos el color de la yema colocada sobre una superficie blanca utilizando la escala de 15 puntos de Roche.
- Índice de yema: Utilizamos el método descrito por Caner & Yüceer (2015) midiendo la altura máxima con un vernier en tres puntos equidistantes del diámetro de la yema.
- Resistencia a la ruptura (N): Utilizamos el Texturómetro TA.XTPlus (Stable Micro Systems Ltd.), para medir la resistencia de la cáscara a la ruptura mediante compresión uniaxial en la región ecuatorial del huevo. Realizamos 5 réplicas (Caner & Yüceer, 2015).

Para cada variable respuesta aplicamos un ANDEVA utilizando el paquete estadístico JMP 13.0 con el fin de evaluar, a un 5% de significancia, la interacción entre el factor recubrimiento y el tiempo, así como el efecto simple del tiempo, considerando cada repetición como un bloque. Para interacciones no significativas reportamos la potencia de prueba. Cuando la interacción entre los dos factores resultó significativa, aplicamos un ANDEVA adicional, con el fin de interpretar la interacción, comparando, mediante una prueba de Tukey, los promedios finales (día 42 de almacenamiento) para cada uno de los tres niveles de recubrimiento.

Análisis sensorial: Estudiamos la preferencia por el sabor del huevo. Para ello comparamos, para los tres niveles de recubrimiento estudiados y tres tiempos de almacenamiento a 21°C (21, 28 y 35 días) la preferencia asignada a huevo fresco (1 día de almacenamiento), huevo tratado (almacenado) o ambas en igualdad de preferencia mediante la prueba de comparación pareada (2-AFC) con escogencia forzada (Ennis et al., 2014). El huevo picado se elaboró en un sartén antiadherente colocando 90g de margarina hasta fundir, seguido de 14 unidades del tipo de huevo correspondiente previamente mezcladas junto con 6,5g de sal que se cocieron durante 5 minutos. El huevo se mantuvo a una temperatura de 60°C hasta servir a los panelistas. Todos los panelistas, consumidores habituales de huevo, evaluaron todos los pares comparados y entre cada par enjuagaron su paladar con agua y tomaron al menos 20 segundos de descanso. Para cada par el panelista debía indicar si prefería, por su sabor, alguna de las dos muestras o si prefería ambas. Los resultados fueron analizados por medio de las probabilidades de la prueba binomial tabuladas por Roessler et al. (1978) y Ennis y Rousseau (2020) para una distribución de dos colas ($\alpha=0,05$). Seleccionamos una potencia de análisis del 90% y un delta de 0,94 de acuerdo con Ennis y Jesionka (2011).

También evaluamos sensorialmente el exterior del huevo sometido a los distintos tratamientos durante 35 días de almacenamiento. Evaluamos el brillo, el olor y la adhesividad utilizando la misma prueba de comparación pareada con escogencia forzada descrita anteriormente, para los siguientes pares de muestras: control versus aceite mineral, control versus aceite de palma y aceite mineral versus aceite de palma. Cada panelista debía indicar la muestra con mayor intensidad del atributo evaluado. Utilizamos el mismo análisis estadístico indicado anteriormente, pero con una distribución de una cola. También evaluamos el agrado general de las características externas de los huevos utilizando una escala hedónica híbrida de acuerdo con Villanueva et al. (2005) con 96 panelistas que valoraron los huevos sin recubrimiento, con recubrimiento de aceite mineral y con recubrimiento de aceite de palma, todos almacenados a 21°C por 35 días. Para analizar los datos aplicamos un ANDEVA con 5% de significancia y posterior prueba de LSD utilizando Microsoft Excel. Los resultados de agrado general se reportaron con el respectivo intervalo de confianza al 95%.

RESULTADOS

Parámetros de calidad del huevo cuyo comportamiento, durante el almacenamiento, es independiente del recubrimiento aplicado: En la Tabla 1 mostramos los parámetros de calidad cuyo comportamiento, en un período de almacenamiento de 42 días a 21°C, no depende de si se aplica o no algún recubrimiento. Todos estos parámetros exhiben el mismo comportamiento en el tiempo cuando se aplicó recubrimiento con aceite mineral o de palma al compararlos con el tratamiento control para el cual no se aplicó recubrimiento. Las altas potencias de prueba ($1-\beta \geq 0,99$) respaldan esta afirmación. En el caso del color de la yema, además, no existe un efecto del tiempo de almacenamiento lo que indica que este parámetro se mantiene constante en los tres tratamientos durante los 42 días de almacenamiento a 21°C. Por el contrario, en el caso de los recuentos total aerobio, mohos y levaduras, el pH de la yema, las unidades Haugh y la resistencia a la ruptura (N), encontramos un efecto significativo del tiempo de almacenamiento, en los tres tratamientos por igual. En el caso de las unidades Haugh y la resistencia a la ruptura (N), encontramos una disminución del parámetro durante el tiempo de almacenamiento. Por otro lado, en los recuentos total aerobio, mohos y levaduras, y el pH de la yema, el tiempo de almacenamiento causó un aumento.

TABLA 1

Ámbito aproximado de valores observados, probabilidad asociada con la interacción entre los factores recubrimiento y día, con el efecto simple del factor día según parámetro de calidad.

Parámetro de calidad	Ámbito aproximado de valores observados	Probabilidad para el factor del diseño en estudio		Potencia de prueba asociada ($1-\beta$)
		Recubrimiento*	Día	
Color de la yema	9 - 10	0,7789	0,2951	1,00
Recuento total aerobio (log UFC/g)	0,5 - 2,0	0,9162	<0,0001	1,00
Recuento de mohos y levaduras (log UFC/g)	0,7 - 2,7	0,0592	0,0105	1,00
pH de la yema	6,15 - 6,90	0,5365	<0,0001	1,00
Unidades Haugh	25 - 75	0,1549	<0,0001	0,99
Resistencia a la ruptura (N)	38 - 52	0,1791	0,0224	0,99

Parámetros de calidad del huevo cuyo comportamiento, durante el almacenamiento, depende del recubrimiento aplicado: El comportamiento del índice de yema durante el almacenamiento (21°C) no fue el mismo para cada tipo de recubrimiento aplicado ($p < 0,0001$, Fig. 1). La disminución del índice de yema es más acelerada en el tratamiento sin recubrimiento ($p < 0,05$) alcanzando valores más bajos después de 42 días de almacenamiento en comparación con los huevos recubiertos con aceite mineral o de palma. Por otra parte, no hubo diferencia en la velocidad de disminución del índice de yema en el caso de los huevos recubiertos ($p > 0,05$). La aplicación de recubrimientos de aceite mineral o de palma favorece la estabilidad del índice de yema durante el almacenamiento.

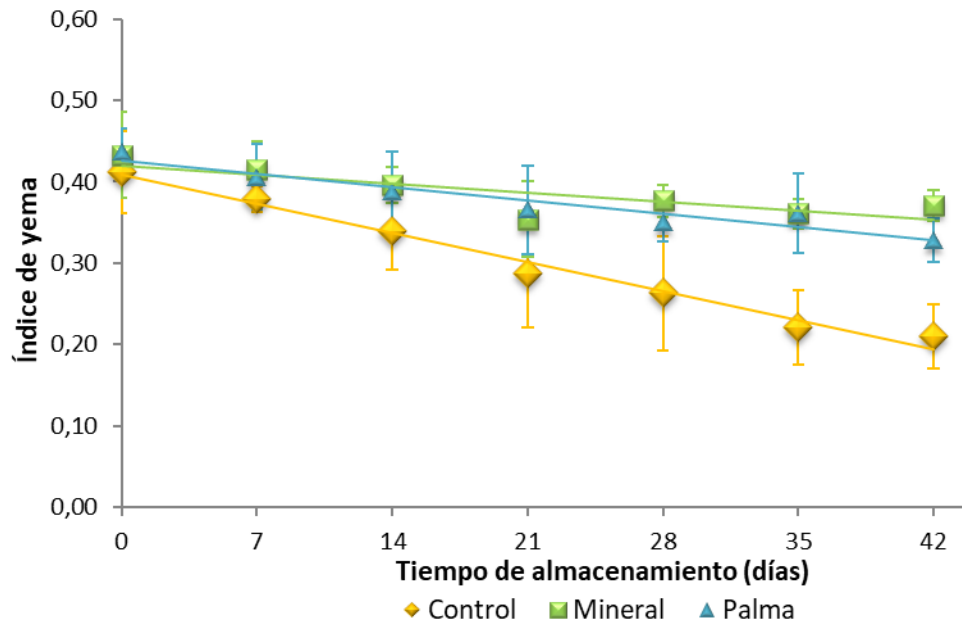


Fig. 1. Índice de yema según tiempo de almacenamiento y recubrimiento aplicado.

En relación con el pH de la clara, la tendencia en el tiempo de almacenamiento no fue la misma para los tres tratamientos evaluados ($p=0,0023$, Fig. 2). El pH de la clara mostró un ligero aumento durante los 42 días de almacenamiento alcanzando valores cercanos a 9,3 y significativamente diferentes a los valores alcanzados por los huevos recubiertos con aceite mineral o de palma ($p<0,05$). Por otra parte, el pH de la clara se mantuvo constante en los 42 días de almacenamiento, alrededor de 8,5, para los huevos recubiertos con ambos aceites, sin que se determinara una diferencia ($p>0,05$) en el pH de la clara de éstos a los 42 de almacenamiento a 21°C. La aplicación de recubrimientos de aceite mineral o de palma favorece la estabilidad del pH de la clara durante el almacenamiento.

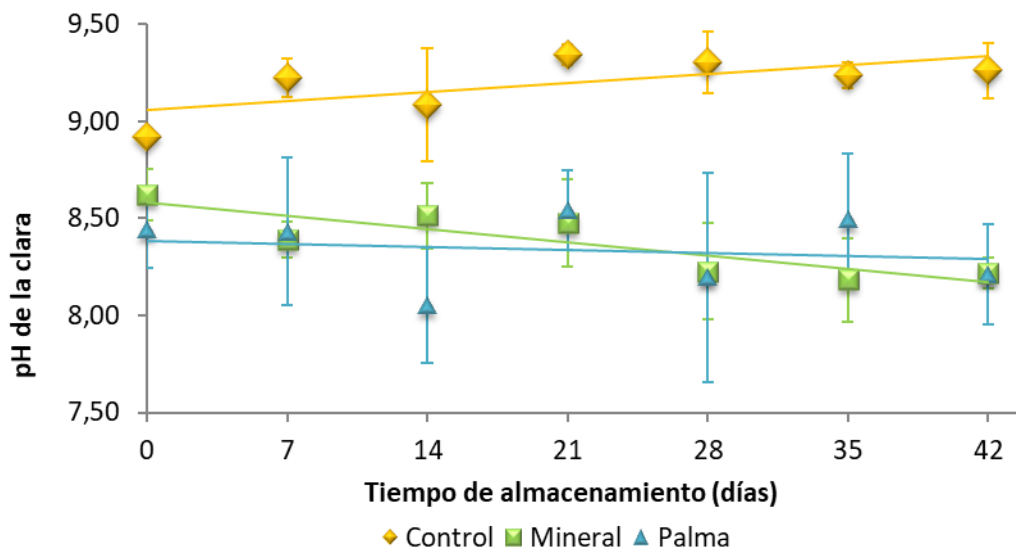


Fig. 2. pH de la clara según tiempo de almacenamiento y recubrimiento aplicado.

Por último, determinamos que la pérdida de masa de los huevos en el tratamiento control (sin recubrimiento) se comportó, durante el almacenamiento por 42 días a 21°C, de manera diferente en comparación con los huevos recubiertos con aceite mineral o de palma ($p < 0,0001$, Fig. 3). En el caso del tratamiento sin recubrimiento, la pérdida de masa aumentó significativamente durante el almacenamiento alcanzando valores mayores al 10% a los 42 días ($p < 0,05$) mientras que, en el mismo período, los huevos con recubrimiento alcanzaron valores menores al 1% de pérdida de masa. No hubo diferencia en la pérdida de masa entre los huevos recubiertos con aceite mineral y los recubiertos con aceite de palma ($p > 0,05$), la cual se mantuvo constante durante todo el almacenamiento. La aplicación de recubrimientos de aceite mineral o de palma evita la pérdida de masa del huevo durante el almacenamiento.

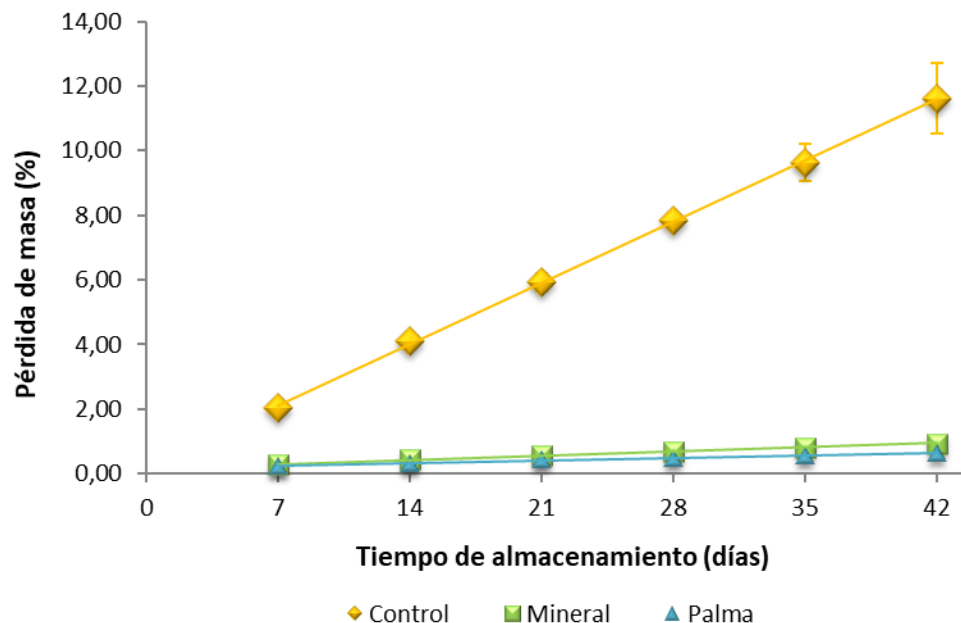


Fig. 3. Pérdida de masa del huevo según tiempo de almacenamiento y recubrimiento aplicado.

Análisis sensorial comparativo entre huevo fresco y huevo almacenado con o sin recubrimiento de aceite mineral o de palma: De acuerdo con la información que se presenta en la Tabla 2, determinamos que la preferencia de sabor de los consumidores, cuando no se aplica ningún recubrimiento al huevo (tratamiento control), es por el huevo picado elaborado a partir de huevo fresco (1 día de almacenamiento), independientemente del tiempo de almacenamiento ($p < 0,016$). Esto indica que el sabor del huevo sin recubrimiento sufre modificaciones negativas durante el almacenamiento, provocando una menor preferencia con respecto al huevo fresco sin almacenar.

Por otra parte, para los huevos recubiertos con aceite mineral o de palma, no logramos encontrar diferencia entre el huevo picado preparado con huevo fresco y el preparado con huevos recubiertos con 21, 28 o 35 días de almacenamiento a 21°C ($p > 0,392$). Por lo tanto, el sabor de los huevos recubiertos con aceite mineral o de palma, al ser preparados como huevo picado, se mantiene inalterado por 35 días de almacenamiento, demostrando la utilidad de los recubrimientos estudiados.

TABLA 2

Resultados de la prueba de preferencia de sabor entre muestras de huevo picado a partir de huevo fresco y huevos tratados (sin recubrimiento y con recubrimientos de aceite mineral o de palma) almacenados por distintos tiempos.

Tratamiento (Recubrimiento y días de almacenamiento)		Número de participantes según la muestra de su preferencia			Participantes en la prueba (n)	Número Mínimo*	Probabilidad exacta
		Huevo fresco	Huevo tratado	Ambos			
Control	21 días	22	8	0	30	21	0,016
	28 días	23	7	0	30	21	0,005
	35 días	25	4	0	29	21	<0,001
Mineral	21 días	20	7	7	34	24	0,392
	28 días	19	8	7	34	24	0,608
	35 días	15	9	10	34	24	>0,864
Palma	21 días	14	8	12	34	24	>0,864
	28 días	17	3	14	34	24	>0,864
	35 días	18	4	12	34	24	0,864

*Número mínimo de participantes que seleccionan una misma muestra de su preferencia para encontrar diferencia con $\alpha=0,05$

De acuerdo con la Tabla 3, encontramos diferencias significativas ($p<0,001$) en el brillo, en todos los pares comparados, evidenciando que es más brillante el huevo recubierto con aceite de palma, seguido por el huevo recubierto con aceite mineral y finalmente el huevo sin recubrimiento, después de 35 días de almacenamiento. No hallamos diferencias ($p>0,077$), en ninguno de los pares comparados, en cuanto al olor o adhesividad de los huevos, indicando que los recubrimientos no afectan a estos parámetros después de 35 días de almacenamiento. Por lo tanto, utilizar los recubrimientos de aceite únicamente cambia la percepción externa del huevo en cuanto a su brillo.

TABLA 3

Aciertos en la prueba de comparación pareada (2-AFC) para la evaluación sensorial del brillo, olor y adhesividad de la cáscara del huevo, luego de 35 días de almacenamiento utilizando distintos recubrimientos de aceite.

Pares comparados	Brillo		Olor		Adhesividad	
	Aciertos	Probabilidad	Aciertos	Probabilidad	Aciertos	Probabilidad
Control vs. Mineral	10	0,001	19	0,437	25	0,077
	30		21		15	
Control vs. Palma	0	<0,0001	18	0,318	15	0,077
	40		22		25	
Mineral vs. Palma	6	<0,001	19	0,437	24	0,134
	34		21		16	

Finalmente, al analizar el agrado general para la apariencia externa de los huevos (Fig. 4), encontramos, que no existe diferencia al comparar los huevos sin recubrimiento con los recubiertos con aceite mineral o de palma, luego de 35 días de almacenamiento a 21°C ($p=0,3633$). Por lo tanto, la aplicación de recubrimientos de aceite mineral o de palma y el almacenamiento a 21°C por 35 días, no afecta el agrado general de los consumidores en cuanto a las características externas del huevo, lo cual permite su aplicación en beneficio de la conservación de características importantes de calidad.

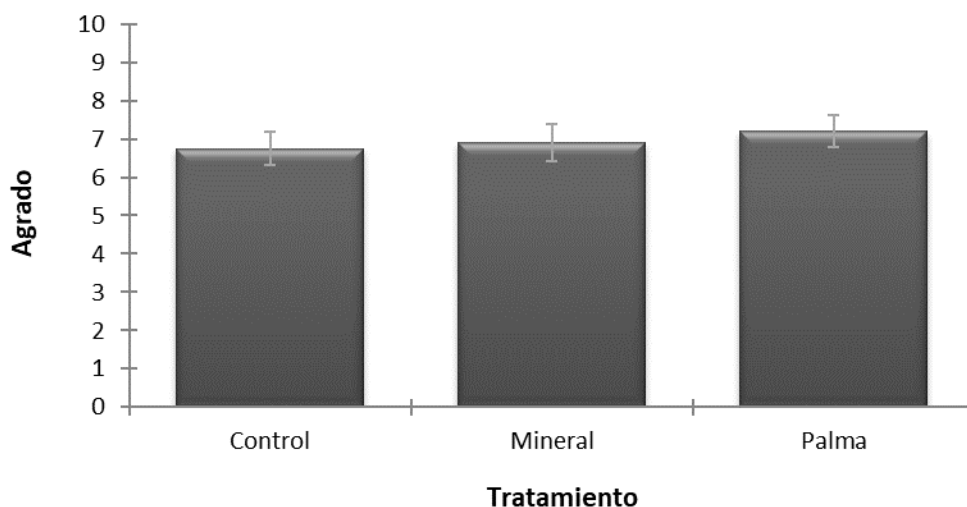


Fig. 4. Agrado general, basado en las características externas del huevo a los 35 días de almacenamiento, para muestras con o sin recubrimiento de aceite mineral o de palma.

DISCUSIÓN

A continuación, discutimos acerca de los parámetros de calidad del huevo cuyo comportamiento, durante el almacenamiento, es independiente del recubrimiento aplicado. En los huevos con o sin recubrimiento, los valores de color de yema se mantuvieron constantes, alrededor de 9 y 10, en el almacenamiento (Tabla 1) evidenciando huevos de buena calidad en cuanto a este parámetro, de acuerdo con la literatura (Madrigal-Portilla et al., 2023; Muñoz & Vellojín, 2002). Esto coincide con la investigación realizada por Bhale et al. (2003), en la que los cambios percibidos en el color de la yema durante el almacenamiento no son perceptibles por el ojo humano. Otro resultado que concuerda con lo que encontramos se reporta en el estudio de Petrovic et al. (2016), quienes indicaron no haber encontrado un efecto del tiempo de almacenamiento a lo largo de 28 días en huevos recubiertos con aceite. Por tanto, los recubrimientos evaluados no provocan un deterioro en el color de la yema y pueden utilizarse en beneficio de la conservación de otros parámetros de calidad en donde sí se observe efecto.

A pesar del aumento observado de 2 log UFC/g durante el almacenamiento, el recuento total aerobio no superó el límite establecido en el Reglamento Técnico de Costa Rica (Decreto Ejecutivo N°33115-MEIC-MAG-S, 2006). Por otra parte, en cuanto al recuento de mohos y levaduras, este cumple el límite de 3 log UFC/g para considerar el huevo fresco apto para el consumo (Pascual & Calderón (2000). Cader et al. (2014), determinaron valores similares de recuento de mohos y levaduras para huevos frescos que suelen comercializarse a temperatura ambiente. En términos de ambos parámetros microbiológicos demostramos que el uso de recubrimientos no influye negativamente sobre ellos, lo que permite utilizarlos en aplicaciones en las que se determine algún efecto positivo sobre la calidad de los huevos.

El pH de la yema también aumentó durante el almacenamiento comportándose igual en los huevos recubiertos entre sí y con respecto al control sin recubrimiento. Los valores finales de 6,90 coinciden con lo reportado por Sert et al. (2011), quienes describieron un aumento en el pH de la yema durante el almacenamiento. En general, de acuerdo con Biladeau y Keener (2009), los cambios en el pH de la yema son independientes del intercambio de gases a través de la cáscara, por lo que los recubrimientos aplicados podrían no tener una influencia significativa sobre este parámetro.

La no diferencia encontrada en las unidades Haugh para los dos tratamientos de

recubrimiento no coincide con los estudios de Bhale et al. (2003); da Silva Pires et al., (2021); Nongtaodum et al., (2013); Park et al. (2003); Pujols (2012); Waimaleongora-ek et al., (2009); y Yüceer & Caner, (2014) en los que se encontró un efecto positivo del uso de recubrimientos en la conservación de la calidad de la clara. En promedio, ninguno de los tratamientos evaluados provocó valores inferiores a 20 unidades Haugh, valor establecido como límite de calidad en el Reglamento Técnico de Costa Rica para huevos frescos (Decreto Ejecutivo N°33115-MEIC-MAG-S, 2006). Los recubrimientos en estudio, por lo tanto, no tienen un efecto negativo sobre las unidades Haugh.

Finalmente, resulta adecuado que la resistencia a la ruptura de la cáscara no haya sido afectada negativamente por las coberturas evaluadas y que la ligera disminución que se observó durante el almacenamiento (de 52 a 38 N) se diera por igual en las muestras recubiertas y las no recubiertas. Esto coincide con los estudios de Sert et al. (2011) y Jones y Musgrove (2005) en los que no encontraron diferencia en la dureza de huevos con o sin recubrimientos de aceite. En dichos estudios se reportaron, además, valores de resistencia a la ruptura entre 35 y 47 N muy similares a los de la presente investigación, indicando que los recubrimientos evaluados no afectan de una forma importante la dureza de la cáscara.

Seguidamente, una vez analizados los parámetros no afectados por los recubrimientos, se analizan aquellos en los que sí hay una dependencia, durante el almacenamiento, del recubrimiento aplicado. Observamos un índice de yema menor en las muestras que no fueron recubiertas (valores cercanos a 0,21; Fig. 1) contra valores de 0,35 observados de forma equivalente con ambos recubrimientos, lo que demuestra que la aplicación de aceite mineral o de palma permite retardar el deterioro de la yema durante el almacenamiento y ofrecer huevos con mayor calidad y vida útil. Según señalan Bhale et al. (2003), da Silva Pires et al., (2021), Park et al. (2003) y Waimaleongora-ek et al. (2009), un huevo fresco de alta calidad posee un índice de yema cercano a 0,45 el cual puede conservarse utilizando recubrimientos para evitar que alcance valores cercanos a 0,21 durante el almacenamiento.

Un beneficio similar encontramos para el pH de la clara, el cual logra conservarse inalterado en los huevos con ambos recubrimientos (alrededor de 8,5), no así en los no recubiertos (alrededor de 9,3), lo cual coincide con diversos estudios en los que las coberturas permitieron retardar el aumento de pH de la clara durante el almacenamiento (Caner & Yüceer, 2015; da Silva Pires et al., 2021; Pujols, 2012; Waimaleongora-ek et al., 2009; Yüceer & Caner, 2014;). En particular, Nongtaodum et al. (2013), luego de almacenar huevos con recubrimiento por cinco semanas, encontraron que los huevos sin cobertura alcanzaron valores de pH de clara de 9,5 mientras que los recubiertos mantuvieron o aumentaron su valor ligeramente alrededor de 8,3. Según indican Pascual y Calderón (2000), el pH de la clara en la puesta del huevo oscila entre 7,6 y 7,9 y aumenta durante el almacenamiento por intercambio de gases con el exterior, lo que puede explicar el efecto beneficioso de aplicar aceites como recubrimiento para conservar la calidad del huevo y aumentar su vida útil.

Con respecto a la pérdida de masa, los recubrimientos contribuyeron a que ésta fuera inferior al 1% en contraste con el 12% observado cuando no se aplicó recubrimiento. Otros estudios hallaron resultados similares demostrando que el aceite puede sellar los poros de la cáscara impidiendo el intercambio de gases y humedad, manteniendo así más constante el peso del huevo. Tal es el caso de Park et al. (2003), Torrico et al. (2011) y Waimaleongora-ek et al. (2009) quienes evaluaron recubrimientos de aceite mineral; Pujols (2012) y Nongtaodum et al. (2013) quienes realizaron algo similar con aceite de soya; Carraro y Antunes (2004) que probaron el uso de una cobertura de proteína de suero; y Yüceer y Canes (2014) y Bhale et al. (2003) quienes valoraron el uso de lisozima y quitosano como recubrimiento. El resultado es positivo en cuanto al uso de los recubrimientos, pues según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (2020), una pérdida de peso normal durante la comercialización de huevos

oscila entre 2% y 3%. El uso de aceite mineral o de palma para recubrir la cáscara de huevo permite minimizar la pérdida de masa en el huevo, aumentando su vida útil.

Finalmente, a continuación, realizamos el análisis sensorial comparativo entre huevo fresco y huevo almacenado con o sin recubrimiento de aceite mineral o de palma. Con respecto al sabor de los huevos con recubrimientos, resulta positivo que este parámetro se mantenga inalterado durante 35 días de almacenamiento a 21°C con respecto a un huevo fresco, según la percepción de los consumidores (Tabla 2). Esto no sucedió con los huevos sin recubrimiento, cuyo sabor fue menos aceptado conforme avanzaron los días de almacenamiento antes de su preparación. Esto sugiere que los recubrimientos utilizados, al preservar algunas características fisicoquímicas como se ha discutido anteriormente de manera amplia, también favorecen la conservación del sabor al prepararse como huevo picado. La percepción del sabor por parte del consumidor, en huevos recubiertos que han sido almacenados, no es algo que se haya estudiado con frecuencia por lo que no encontramos otros estudios con los que comparar los resultados obtenidos.

De los parámetros externos evaluados (Tabla 3), el brillo, como era de esperar, fue el único para el que detectamos diferencias entre los pares comparados, dado que ambos recubrimientos, al ser de naturaleza aceitosa, proveen ese efecto en la superficie del huevo. A pesar de las diferencias encontradas en el brillo exterior de la cáscara, las personas que calificaron el agrado general no encontraron diferencias entre los huevos con y sin recubrimiento (Fig. 4). Existe la probabilidad de que el grupo de consumidores que realizó la prueba de agrado no considere el brillo como un factor que influye en el agrado general a la hora de valorar la apariencia exterior del huevo. Diversos estudios (Bhale et al., 2003; Nongtaodum et al., 2013; Pujols, 2012; Ryu et al., 2011) también encontraron diferencias en la apariencia exterior en cuanto al brillo cuando se aplican recubrimientos.

En relación con el olor exterior del huevo con recubrimientos, nuestro resultado difiere del encontrado por Bhale et al. (2003), quienes determinaron que los consumidores percibieron diferencias en el olor, el cual calificaron como más intenso en los huevos almacenados que fueron recubiertos con quitosano en soluciones con ácido acético. Esta diferencia podría deberse al hecho de que los recubrimientos evaluados en la presente investigación no poseían olor, en contraste con los recubrimientos utilizados en otras investigaciones. La investigación de Pujols (2012), por otra parte, demostró que el aceite de soya, considerado también sin olor significativo, no causó diferencias de olor al comparar huevos recubiertos contra no recubiertos.

En relación con la adhesividad, también existe similitud entre los resultados del presente estudio y otras investigaciones. Bhale et al. (2003) y Pujols (2012) coinciden con nosotros en que los recubrimientos no afectan, durante el almacenamiento, la adhesividad (sensación de pegajosidad del huevo en la mano). Sin embargo, Nongtaodum et al. (2013) determinaron que los consumidores sí pudieron diferenciar la adhesividad de la cáscara entre huevos recubiertos con los aceites y aquellos sin recubrimiento. Esta característica depende del tipo de aceite utilizado, y, de considerarse contraproducente, es ideal evaluar cuáles aceites no provocan dicha sensación para favorecer su uso (Ryu et al., 2011).

Con respecto al agrado general (Fig. 4), en síntesis, resulta positivo que los recubrimientos evaluados no provoquen un agrado distinto a los huevos sin recubrimiento, por lo que pueden emplearse para lograr los beneficios que se han discutido a lo largo del presente estudio. Determinar la percepción del consumidor a nivel sensorial siempre es ideal cuando se aplica una tecnología de conservación a un producto alimenticio.

Como conclusión, consideramos que logramos demostrar que, bajo las condiciones experimentales descritas, el uso de recubrimientos de aceite mineral o de palma puede resultar beneficioso para la industria de huevo dado que ninguna característica de calidad evaluada, durante el almacenamiento, mostró un comportamiento negativo con respecto al producto sin

recubrimiento. A pesar de que aún sin recubrimiento los huevos pueden conservar o cumplir con lo requerido por la legislación, algunas de las características se conservan mejor cuando se aplican estos recubrimientos, conservando mejor la calidad y consecuentemente alargando la vida útil del huevo. Es importante que la industria del huevo considere esta tecnología y la valide bajo las condiciones exclusivas de sus procesos, para obtener los beneficios que se derivan de su uso y potencialmente alargar el tiempo de comercialización más allá de los 21 días que actualmente establece la normativa, previo estudio de los costos asociados con los recubrimientos sugeridos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica, por el financiamiento otorgado al proyecto 735-B4-028 “Evaluación de la penetración bacteriana en huevo proveniente de diferentes razas y edades de gallina, utilizando distintos procesos de limpieza y almacenados a diferentes temperaturas” en el cual se enmarcó esta investigación. Así mismo agradecemos al Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos y a la Escuela de Tecnología de Alimentos por contribuir con el desarrollo experimental de este trabajo permitiendo utilizar la capacidad instalada en sus laboratorios. Finalmente agradecemos al productor y distribuidor nacional de huevos que suministró la unidad experimental utilizada.

ÉTICA, CONFLICTO DE INTERESES Y DECLARACIÓN DE FINANCIAMIENTO

Declaramos haber cumplido con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, tanto durante el estudio como en la preparación de este documento; que no hay conflictos de interés de ningún tipo, y que todas las fuentes financieras se detallan plena y claramente en la sección de agradecimientos. Asimismo, estamos de acuerdo con la versión editada final de esta publicación. El respectivo documento legal firmado se encuentra en los archivos de la revista.

La declaración de contribución de cada autor es la siguiente: H.C.A., G.D.Y. y E.W.G: diseño del estudio; H.C.A.: realización de experimentos y recolección de datos; E.W.G.: redacción del manuscrito; G.D.Y.: revisión del manuscrito; H.C.A., G.D.Y. y E.W.G: Aprobación final del manuscrito.

REFERENCIAS

- Alvarado, J. (28 de enero de 2023). ¿Por qué el kilo de huevo es ¢800 más caro que hace un año y cuánto más podría subir? *El Observador*. <https://goo.by/a95TA>
- Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). (2005). *AOAC official method 981.12 pH of acidified foods*. <http://www.eoma.aoac.org/methods/info.asp?ID=18372>
- Bhale, S., No, H.K., Prinyawiwatkul, W., Farr, A., Nadarajah, K., & Meyers, S.P. (2003). Chitosan coating improves shelf life of eggs. *Journal of Food Science*, 68(7), 2378-2383. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb05776.x>
- Bradley, F. A., & King, A. J. (2014). *Egg Basics for the Consumer: Packaging, Storage, and Nutritional Information*. University of California, Agriculture and Natural Resources. <https://doi.org/10.3733/ucanr.8154>
- Biladeau, A. M., & Keener, K. M. (2009). The effects of edible coatings on chicken egg quality under refrigerated storage. *Poultry Science*, 88(6), 1266-1274. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00295>
- Cader, S., Goburdhun, D., & Neetoo, H. (2014) Assessment of the microbial safety and quality of eggs from small and large-scale hen breeders. *Journal of World's Poultry Research*, 4(4), 75-81. <https://goo.by/qGrjJ>



- Caner, C., & Yüceer, M. (2015). Efficacy of various protein-based coating in enhancing the shelf life of fresh eggs during storage. *Poultry Science*, 94(7), 1665-1677. <https://doi.org/10.3382/ps/pev102>
- Carraro, A., & Antunes, A. (2004). Internal quality of eggs coated with whey protein concentrate. *Scientia Agricola* 61(3), 276-280. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162004000300006>
- Clark, M. A., Springmann, M., Hill, J., & Tilman, D. (2019). Multiple health and environmental impacts of foods. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(46), 23357-23362. <https://www.jstor.org/stable/10.2307/26861428>
- Comisión de las Comunidades Europeas. (2008). Reglamento (CE) N°589/2008 que establecen las disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) no 1234/2007 del Consejo en lo que atañe a las normas de comercialización de los huevos. *Diario Oficial de la Unión Europea*. Del 23 de junio de 2008 <https://goo.by/p5xCN>
- da Silva Pires, P. G., Bavaresco, C., da Silva Pires, P. D., Cardinal, K. M., Rodrigues Leuven, A. F., & Andretta, I. (2021). Development of an innovative green coating to reduce egg losses. *Cleaner Engineering and Technology*, 2, 100065. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100065>
- Decreto Ejecutivo N°33115-MEIC-MAG-S. (2006). Reglamento Técnico: RTCR 397:2006 Huevos Frescos o Refrigerados de Gallina para consumo humano. *Diario Oficial La Gaceta*, 128. Del 04 de julio del 2006. Costa Rica. <http://www.mag.go.cr/legislacion/2006/de-33115.pdf>
- Eisen, E. J., Bohren, B. B., & McKean, H. E. (1962). The Haugh unit as a measure of egg albumen quality. *Poultry Science*, 41(5), 1461-1468. <https://doi.org/10.3382/ps.0411461>
- Ennis, J. M., & Jesionka, V. (2011). The power of sensory discrimination methods revisited. *Journal of Sensory Studies*, 26(5), 371-382. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2011.00353.x>
- Ennis, D., & Rousseau, B. (2020). *Tools and Applications of Sensory and Consumer Science*. The Institute of Perception.
- Ennis, J. M., Rousseau, B., & Ennis, D. M. (2014). Sensory Difference Tests as Measurement Instruments: a Review of Recent Advances. *Journal of Sensory Studies*, 29(2), 89-102. <https://doi.org/10.1111/joss.12086>
- Food and Drug Administration (FDA). (2022). *Bacteriological Analytical Manual (BAM)*. <https://goo.by/1fX1M>
- Gautron, J., Dombre, C., Nau, F., Feidt, C., & Guillier, L. (2022). Review: Production factors affecting the quality of chicken table eggs and egg products in Europe, *Animal*, 16(suppl. 1), 100425. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100425>
- Jones, D., & Musgrove, M. (2005). Effects of extended storage on egg quality factors. *Poultry Science*, 84(11), 1774-1777. <https://doi.org/10.1093/ps/84.11.1774>
- Madrigal-Portilla, J., Salas-Durán, C., & Macaya-Quirós, S. (2023). Efecto de temperatura y tiempo de almacenamiento sobre la calidad del huevo de gallinas. *Agronomía Mesoamericana*, 34(2), 51223. <https://doi.org/10.15517/am.v34i2.51223>
- Muñoz, J., & Vellojín, J. (2002). *Producción de huevos con gallinas bajo pastoreo* [Tesis de Licenciatura en Ingeniería Agronómica, Universidad EARTH]. Biblioteca Will Keith Kellog.
- Nongtaodum, S., Jangchud, A., Jangchud, K., Dhamvithee, P., No, H., & Prinyawiwatkul, W. (2013). Oil coating affects internal quality and sensory acceptance of selected attributes of raw eggs during storage. *Journal of Food Science* 78(2), S329-S335. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12035>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2020). *Egg marketing: a guide for the production and sales of eggs* (FAO publication 6895). <https://teca.apps.fao.org/teca/es/technologies/6895>



- Park, Y., Yoo, I., Jeon, K., Kim, H., Chang, E., & Oh, H. (2003). Effect of various eggshell treatments on the egg quality during storage. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 16(8), 1224-1229. <https://doi.org/10.5713/ajas.2003.1224>
- Pascual, M., & Calderón, V. (2000). *Microbiología alimentaria*. Editorial de Santos.
- Petrović, M., Karačić, V., Mazija, H., Vahčić, N., & Medić H. (2016). Stability and sensory evaluation of eggs produced by addition of different amount of linseed oil into feed. *Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition* 11(1-2), 41-48. <https://hrcak.srce.hr/166829>
- Pires, P. G. S., Leuven, A. F. R., Franceschi, C., Machado, G. S., Pires, P. D. S., Moraes, P. O., Kindlein, L., & Andretta, I. (2019). Effects of rice protein coating enriched with essential oils on internal quality and shelf life of eggs during room temperature storage. *Poultry Science*, 99(1), 604–611. <https://doi.org/10.3382/ps/pez546>
- Pujols, K. (2012). *Efecto del recubrimiento con aceite de soya, alfa y beta quitosano y sus combinaciones en emulsión en la claidad y vida de anaquel del huevo*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Zamorano]. Biblioteca Wilson Popenoe. <http://hdl.handle.net/11036/1217>
- Réhault-Godbert, S., Guyot, N., & Nys, Y. (2019). The golden egg: nutritional value, bioactivities, and emerging benefits for human health. *Nutrients*, 11(3), 684. <https://doi.org/10.3390/nu11030684>
- Roessler, E. B., Pangborn, R. M., Sidel, J. L., & Stone, H. (1978). Expanded statistical tables for estimating in paired-preference, paired-difference, duo-trio and triangle tests. *Journal of Food Science*, 43(3), 940-943.
- Ruiz, B. (2020). Empresas líderes 2020: Fuerte crecimiento de la avicultura latinoamericana en 2019. *Industria Avícola*, 67(3), 4-25. <https://goo.by/ch82a>
- Ryu, K. N., No, H. K., & Prinyawiwatkul, W. (2011). Internal quality and shelf life of eggs coated with oils from different sources. *Journal of Food Science*, 76(5), S325-S329. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02177.x>
- Samli, H., Agma, A., & Senkoylu, N. (2005). Effects of storage time and temperature on egg quality in old laying hens. *Poultry Science*, 14(3), 548-553. <https://doi.org/10.1093/japr/14.3.548>
- Sert, D., Aygun, A., & Demir, M. K. (2011). Effect of ultrasonic treatment and storage temperature on egg quality. *Poultry Science*, 90(4), 869-875. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-00799>
- Suppakul, P., Jutakorn, K., & Bangchokedee, Y. (2010). Efficacy of cellulose-based coating on enhancing the shelf life of fresh eggs. *Journal of Food Engineering*, 98(2), 207-213. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.12.027>
- Torrice, D. D., No, H. K., Prinyawiwatkul, W., James, M., Corredor, J. A., & Osorio, L. F. (2011). Mineral oil-chitosan emulsión coatings affect quality and shelf-life of coated eggs during refrigerated and room temperature storage. *Journal of Food Science*, 76(4), S262-S268. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02125.x>
- Villanueva, N., Petenate, A., & Da Silva, M. (2005). Performance of the hybrid hedonic scale as compared to the traditional hedonic, self-adjusting and ranking scales. *Food Quality and Preference*, 16(8), 691-703. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2005.03.013>
- Waimaleongora-ek, P., García, K., No, H. K., Prinyawiwatkul, W., & Ingram, D. (2009). Selected quality and shelf-life of eggs coated with mineral oil with different viscosities. *Journal of Food Science*, 74(9), S423-S429. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01341.x>
- Yüceer, M., & Caner, C. (2014). Antimicrobial lysozyme-chitosan coatings affect functional properties and shelf life of chicken eggs during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(1), 153-162. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6322>